

PHENIXセントラルアームにおける $\sqrt{s}=500\text{GeV}$ (偏極)陽子衝突の物理

Kensuke Okada for PHENIX
RIKEN-BNL Research Center
JPS September 23, 2008

RHIC スピンプログラム

—RHIC

世界で唯一の偏極陽子コライダー
最高衝突エネルギーは500GeV

—3つのスピンプログラム

縦偏極プログラム

横偏極プログラム

Wボゾンプログラム

← $\sqrt{s}=500\text{GeV}$ program
これから始まろうとしている。

Wボゾンプログラムとは？ →

陽子スピンの(反)クォーク成分の測定

—これまでの知見

Semi Deep Inelastic Scattering (SDIS)では、
クォークの破砕関数に頼る必要がある。

—RHIC Wボゾンプログラム

Wボゾンの生成

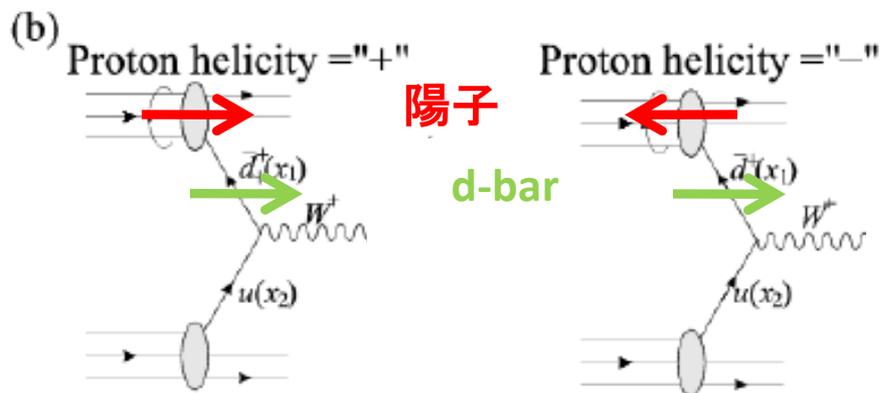
弱い相互作用はパリティを破っている。

$d\text{-bar} + u \rightarrow W^+$

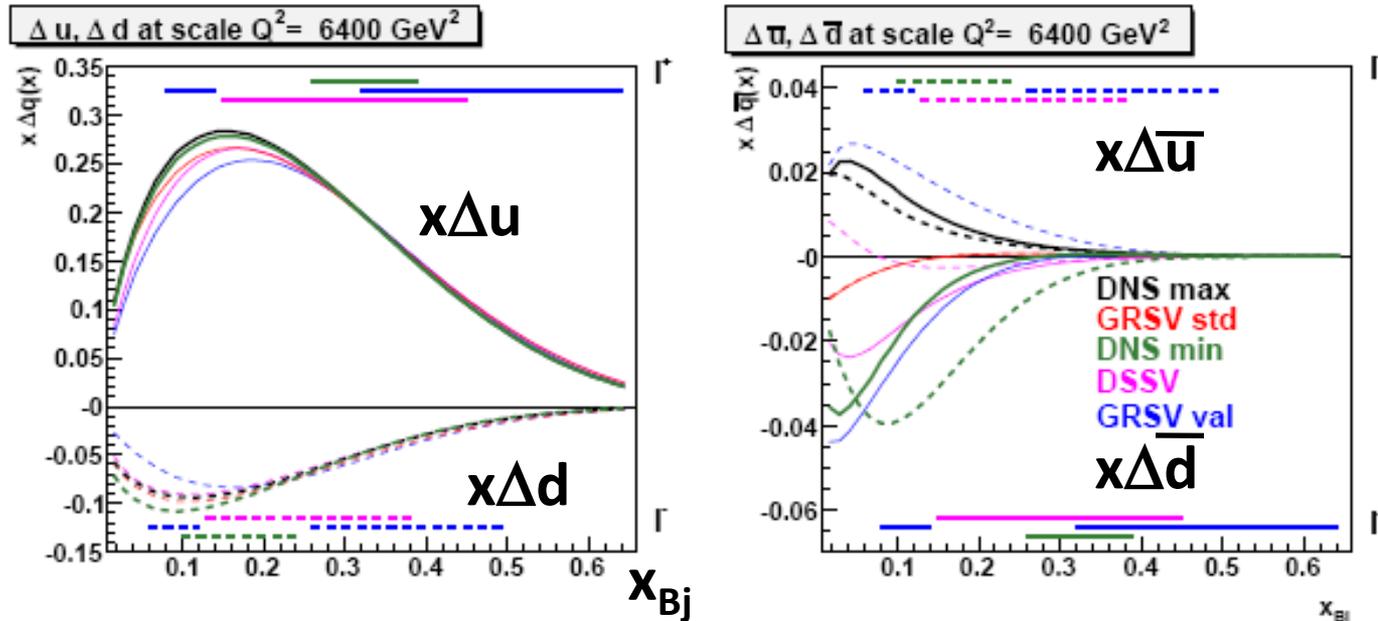
$u\text{-bar} + d \rightarrow W^-$

**d-bar, u-barは必ず
正のヘリシティー**

W^+ A_L : シングルスピン非対称度
陽子中のd-barスピン情報



偏極クォーク分布



$$A_L^{W^+} = -\frac{\Delta u(x_1)\bar{d}(x_2) - \Delta \bar{d}(x_1)u(x_2)}{u(x_1)\bar{d}(x_2) + \bar{d}(x_1)u(x_2)},$$

x依存性にはWボゾンがどう作られたかも重要な情報。
ところが 検出器でWボゾンを直接捕らえる訳ではないので話は複雑

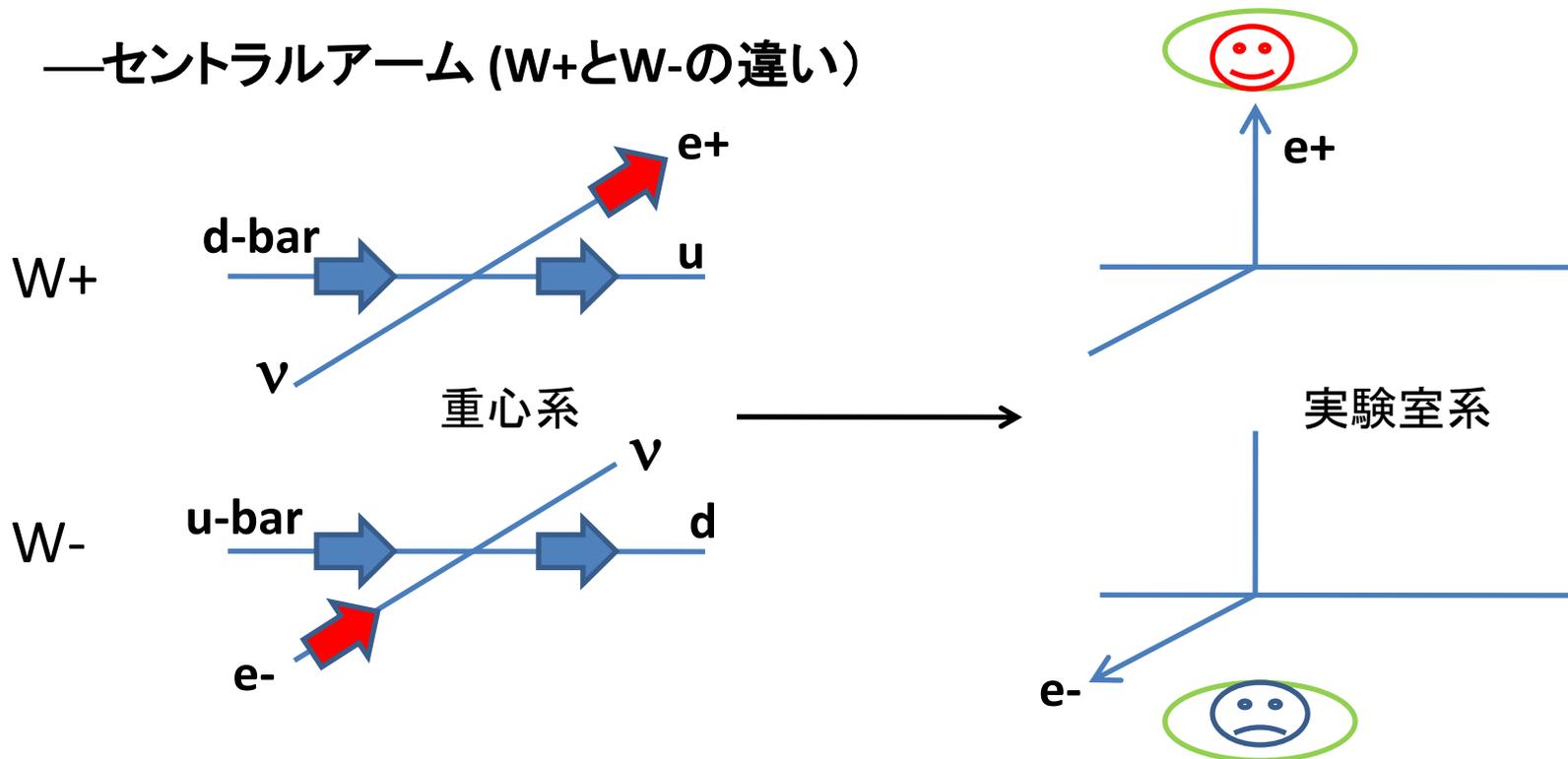
Wボゾンの捕え方

—PHENIX検出器

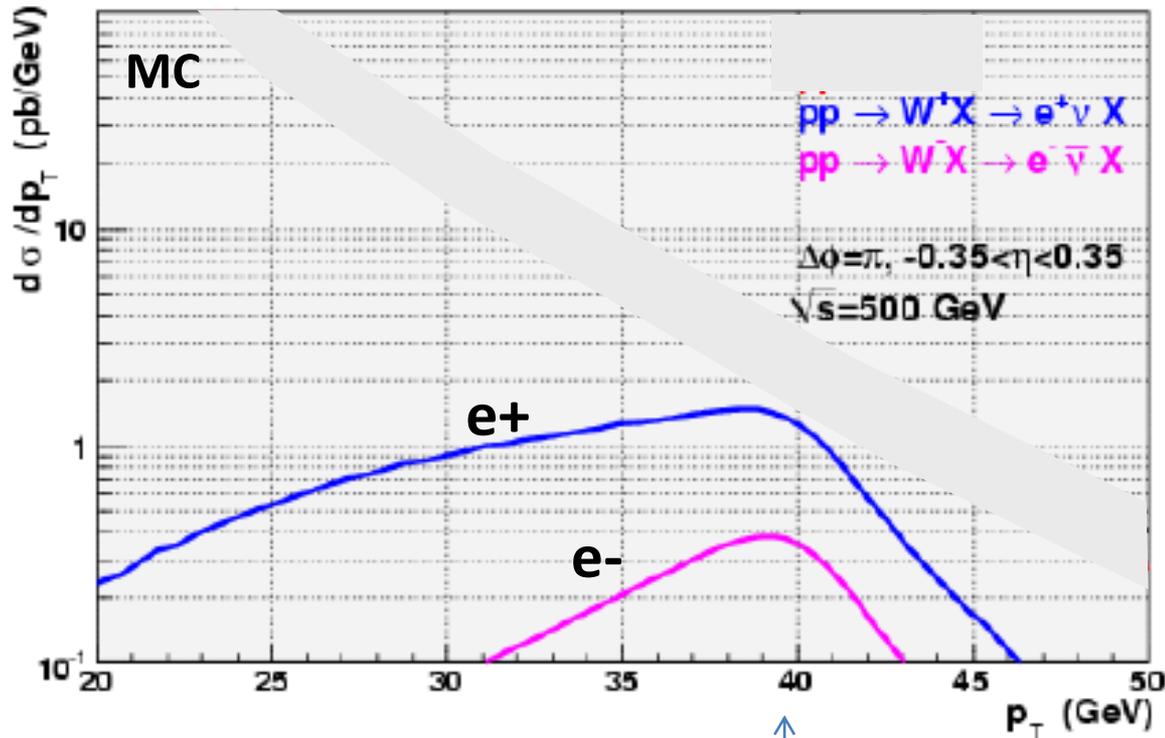
優れた電子(セントラルアーム)、ミュー粒子(ミューオンアーム)検出能力
(その代わりに)4 π 検出器ではない

- レプトン崩壊モードの捕獲
- × Wボゾン質量再構成

—セントラルアーム (W⁺とW⁻の違い)



セントラルアームでのW->e



セントラルアームで
期待される電子、陽電子の
 p_T 分布

前述の理由により
 e^+ が e^- より多い

Wの二体崩壊からの
特徴的な形

↑
ヤコビアンピーク
 $M_W/2$

期待される非対称度(A_L)

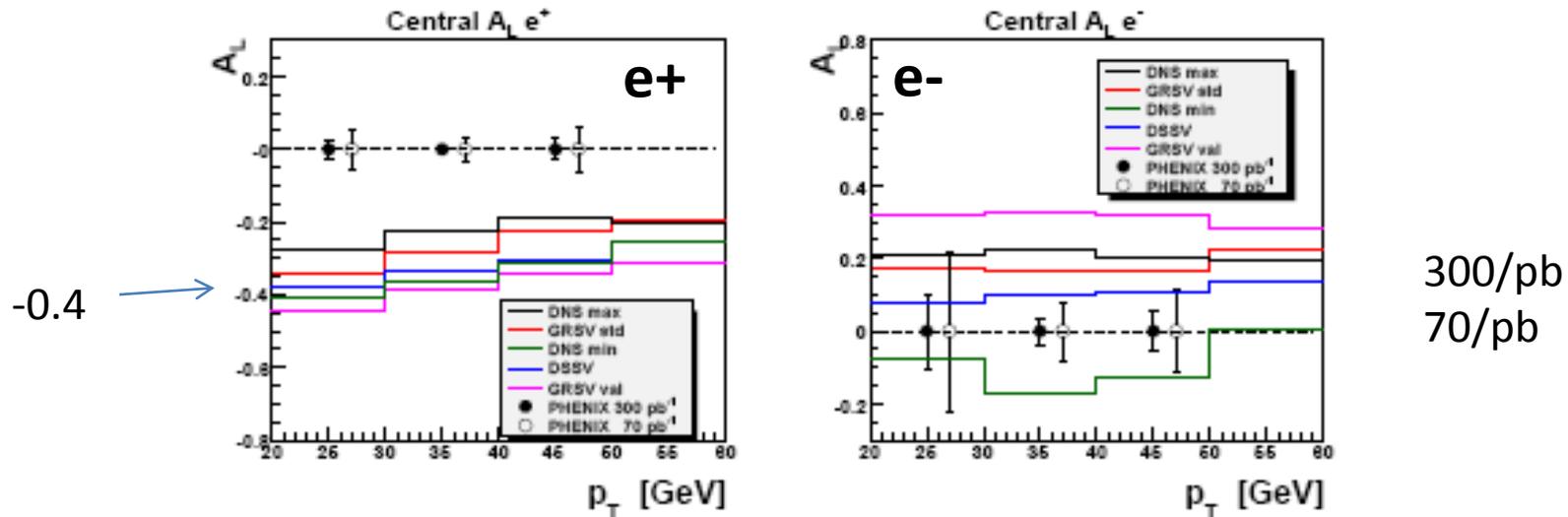


Figure 17: Simulated asymmetries in the PHENIX central arms for $W^+ \rightarrow e^+ \nu$ (left plot) and $W^- \rightarrow e^- \bar{\nu}$ as functions of p_T . The data has been obtained for GRSV standard, GRSV valence [45], DSSV [14], and DNS [47] using a maximal and minimal sea polarization scenario in RHICBOS [58] for 300 pb⁻¹ (full symbols) and 70 pb⁻¹ (open symbols) assuming 70% beam polarization.

— もう少し近い将来の見通し

3週間のphysics run (準備期間は約5週間)

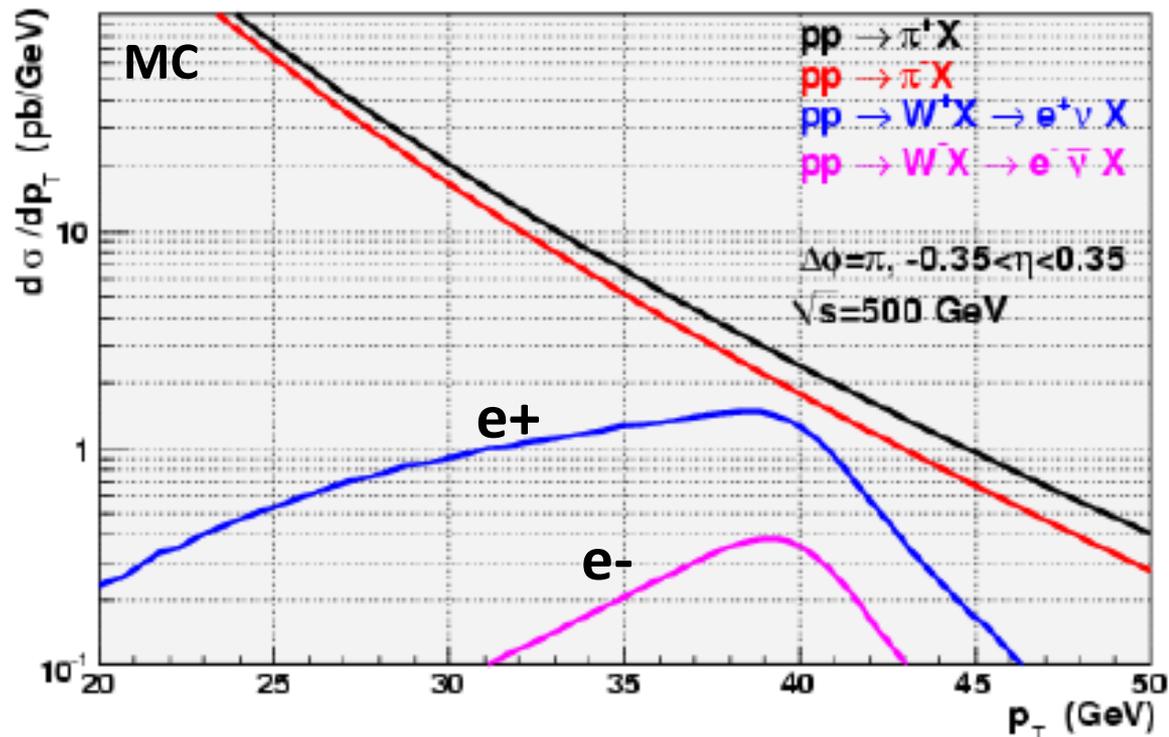
7.5/pb (recorded)* 3 = 22.5/pb

420個の e^+ , \longrightarrow $\delta A_L = 0.07$ (with 50% pol)
70個の e^-

とにかく今までのPHENIX
で初めてセントラルアーム
で0でない非対称度が
検出できる

セントラルアームでの $W \rightarrow e$

1. データ取得: EMCalトリガー
2. 高エネルギー粒子の電荷識別: 磁場、飛跡構成
3. バックグラウンドの問題



$\pi^0 \rightarrow 2\gamma \rightarrow$ conversion electron :

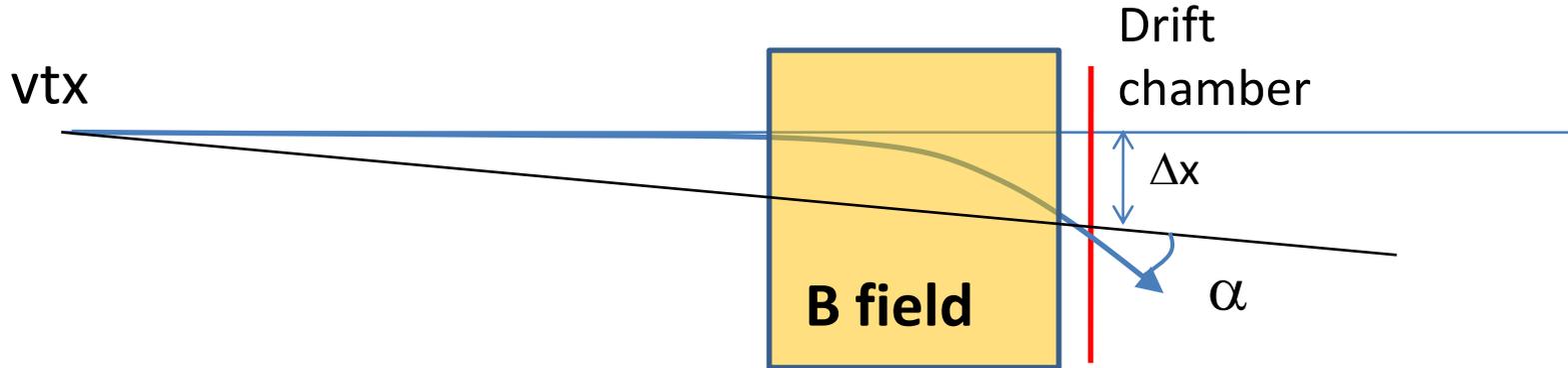
崩壊で平均的にエネルギー半分 (*0.26) & material before DC (*~3%)

$\pi^{+-} \rightarrow$ 電子と見間違い

電荷の識別

W+ or W-

PHENIXの基本アルゴリズム(no inner tracking)



40GeV 荷電粒子に対して

磁場オプション1 (++) field) : $\alpha=2.4$ [mrad]

オプション2 (+- field) : $\alpha=1.7$ [mrad]

対

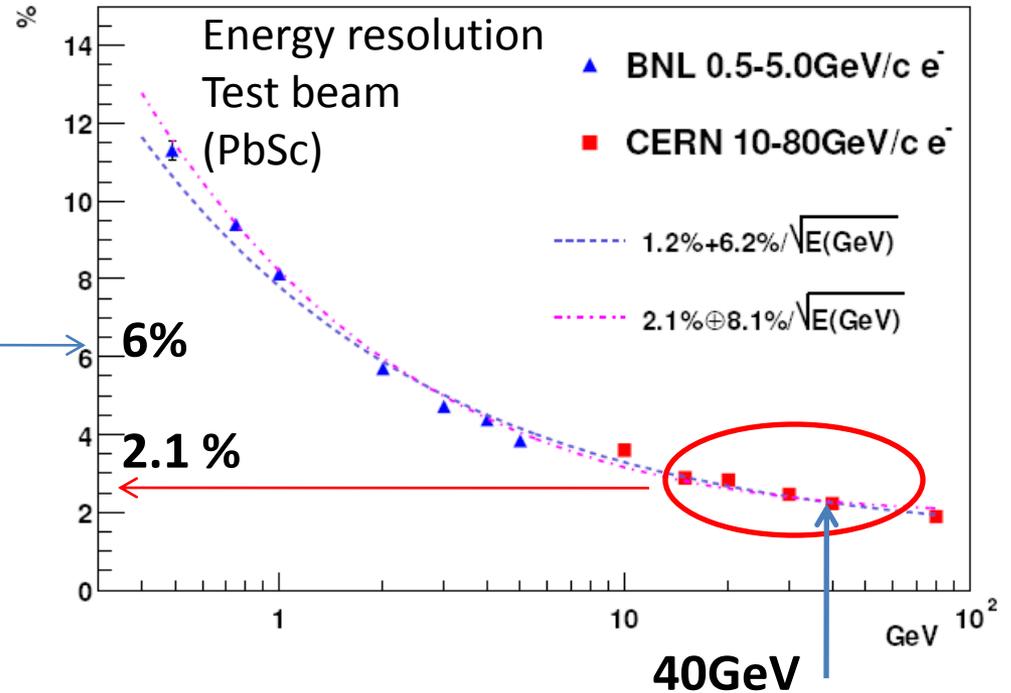
DCの分解能
 $\Delta\alpha=0.5$ [mrad]

大丈夫。

ただ特にオプション2の場合 Δx が3mmしかないので
ビームポジションの決定が重要。

それから運動量の測定精度は大分悪い。

電磁カロメータ分解能



現在の分解能

PEHNIX data $\sim 6\% \oplus 8\% / \sqrt{E}$

6%

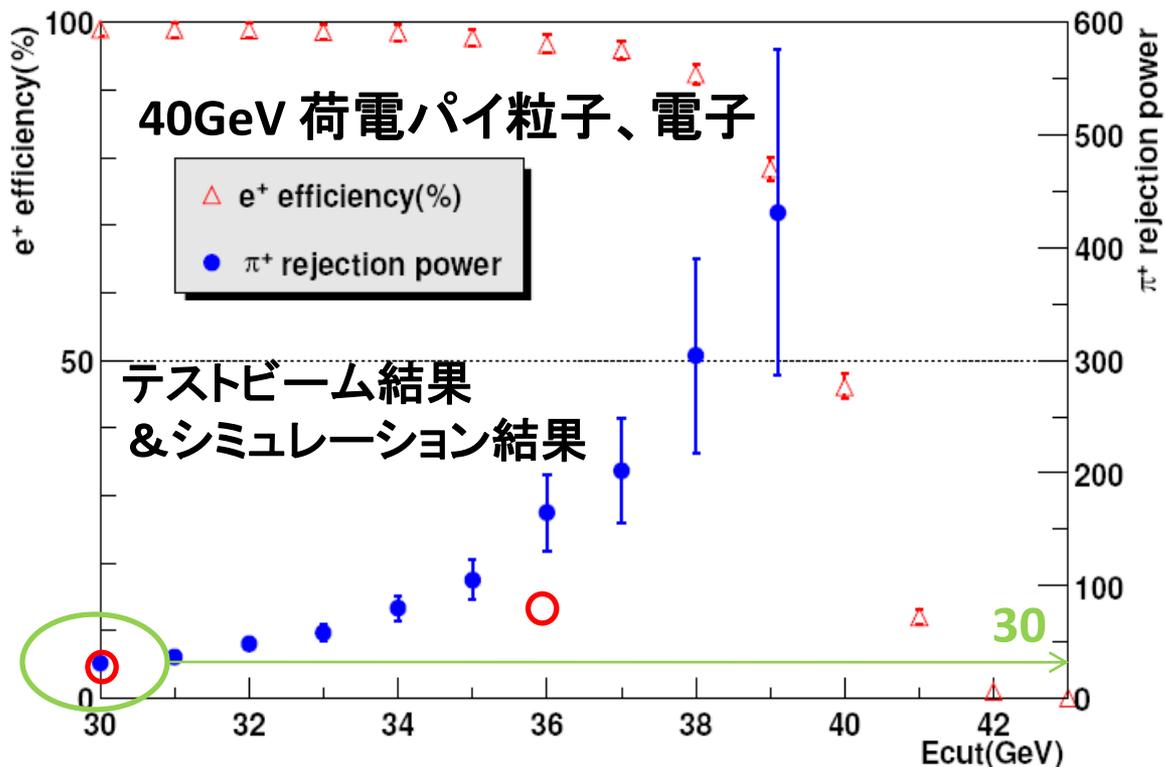
2.1%

40GeV

(DCではなく)こちらを運動量測定に使うのが得策である。

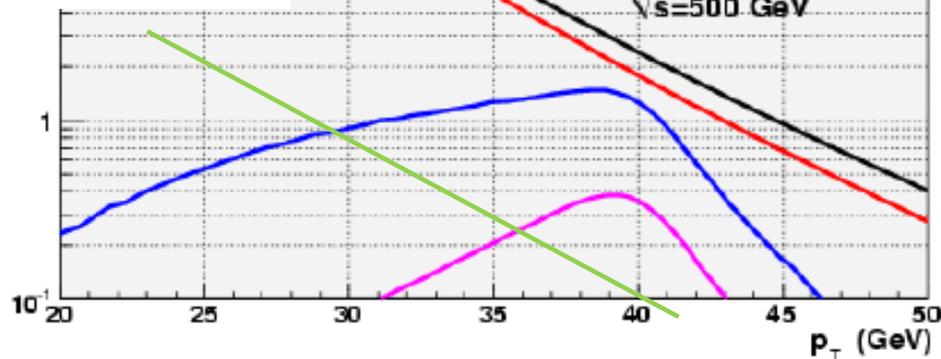
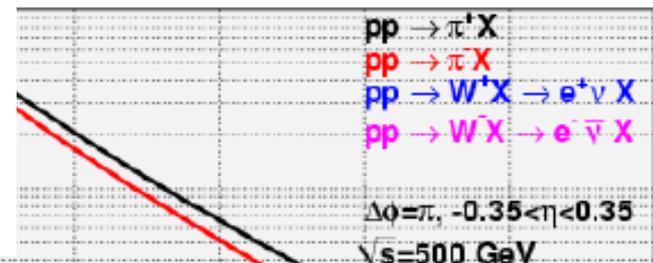
ボーナス: 荷電パイ粒子の排除

荷電パイ粒子の排除



40GeV 荷電パイ粒子
EMCal 30GeV 以上で
~30の棄却率

W⁺ > e⁺ にとっては希望がもてる。



他のハドロンBG除去の見込み

- 電磁カロリメータでの反応の違いを利用するもの
 - 落とすエネルギーでの測定 : ~30
 - エネルギー運動量マッチング: 期待できない(運動量精度が良くないため)
 - クラスターの形状: 良くても2倍
- W崩壊の電子が孤立していることを利用するもの(検討中)
 - $\sqrt{s}=200\text{GeV}$ の直接光子と中性パイの崩壊光子の孤立条件の測定より : ~2
 - PYTHIAシミュレーションでの見積もり: 検討中
- TEC/TRD
 - キセノンガスが使えれば理想的
 - アクセプタンスが減るが、少なくとも比較に使える

実験準備状況まとめ

Run9のための準備

電磁カロリメータのゲイン変更（現在～20GeV max）

現状のキャリブレーションを基に変更すれば比較的簡単であろう
不具合が少しあるのでこの際に改善したい。

電荷の区別のためにビーム位置の決定が重要

フィル毎にキャリブレーションが必要なのか？

ゼロ磁場でのデータ取得以外の方法の検討

ソフトウェアと解析手法

GEANTベースのモンテカルロプログラムの整備

EMCal中の高エネルギーシャワー

ハドロンシャワーの信頼性

まとめ

RHICスピン三本柱のひとつ : Wボゾンで探る陽子スピンの(反)クォーク成分

PHENIXセントラルアームでは高エネルギー電子を捕まえる。
アクセプタンスはW+が多く、W-は少ない。

トリガー OK

電荷識別 OK (vertexの決定が重要)

バックグラウンド排除率

中性パイ粒子起源: > 100

荷電パイ粒子起源: > 30 →W+にとっては十分

Run9の見通し

500GeV runは3週間程度か？(メインは200GeV run)

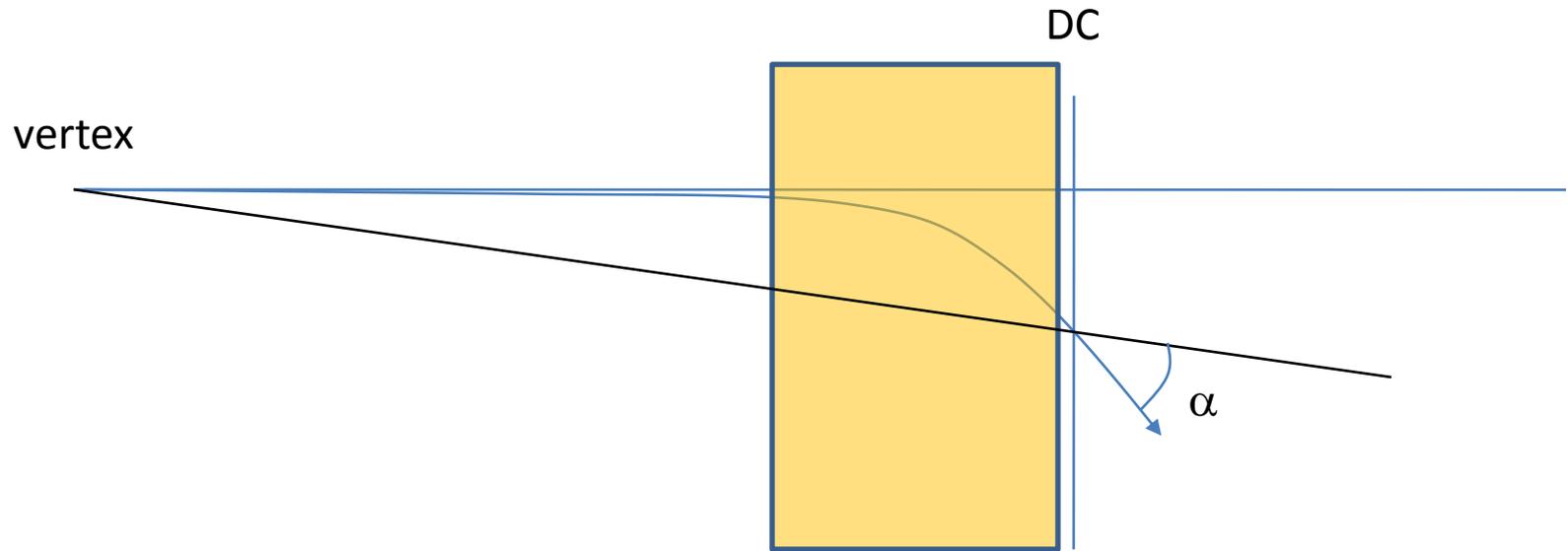
$7.5/\text{pb (recorded)} * 3 = 22.5/\text{pb}$

W+→e+の期待される非対称度 ~ 0.4 に対して $\delta A_L = 0.07$ (with 50% pol)

e+の有限の非対称度の確認が初めの一步。

バックアップ

PHENIX algorithm

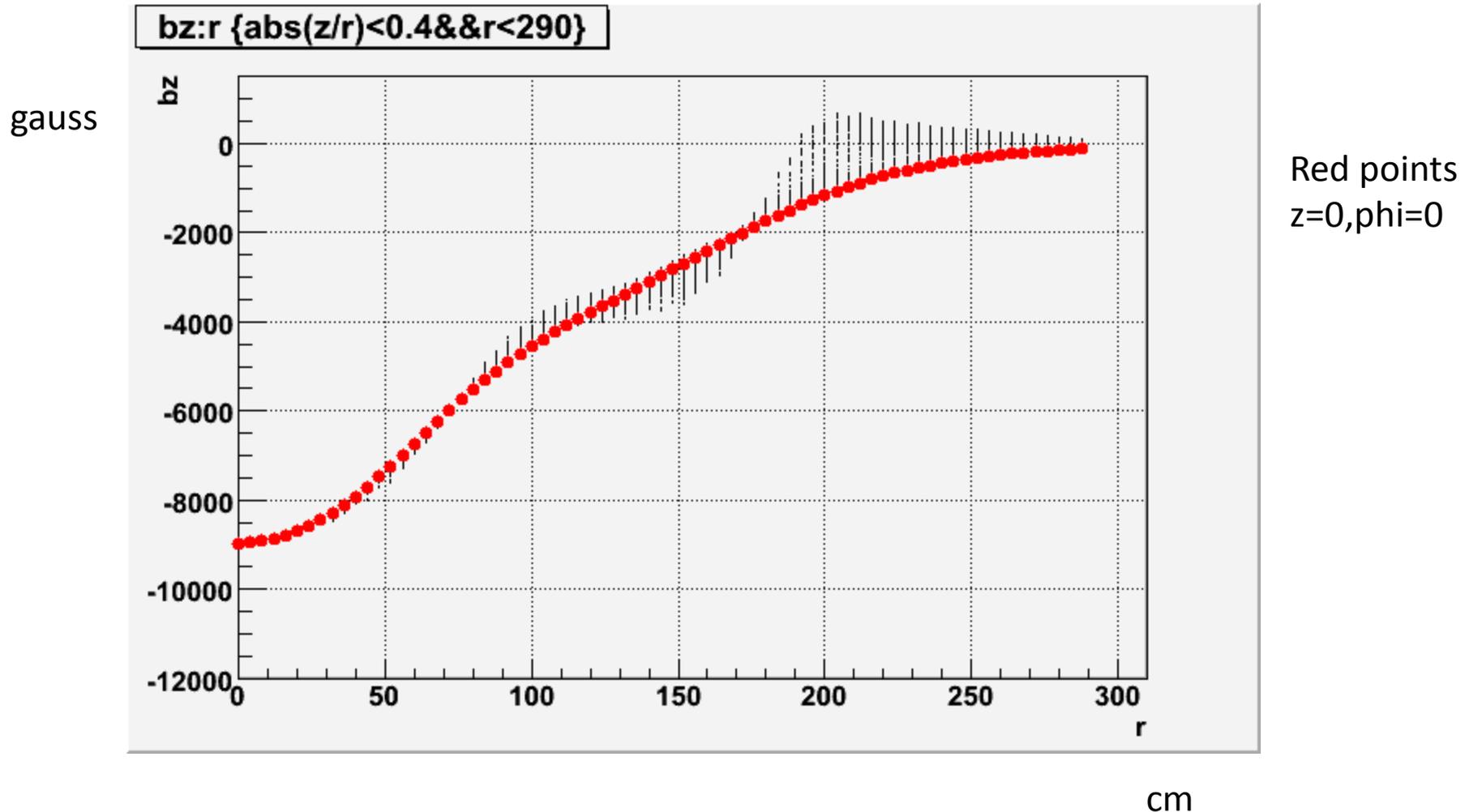


It is ideal if the magnetic field is localized at the end.

W->e charge identification

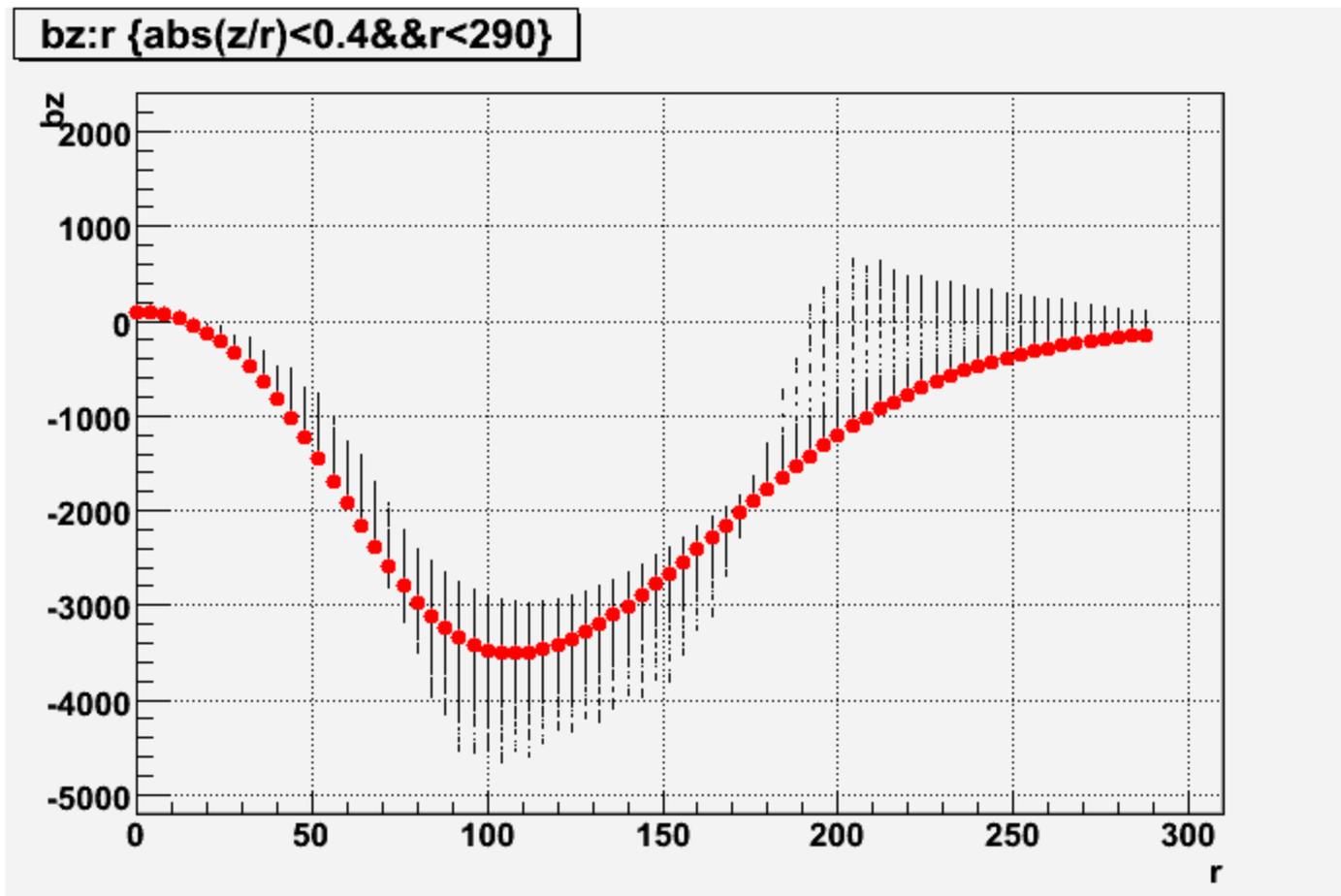
++ field

Field map (from Sim3D++.root)

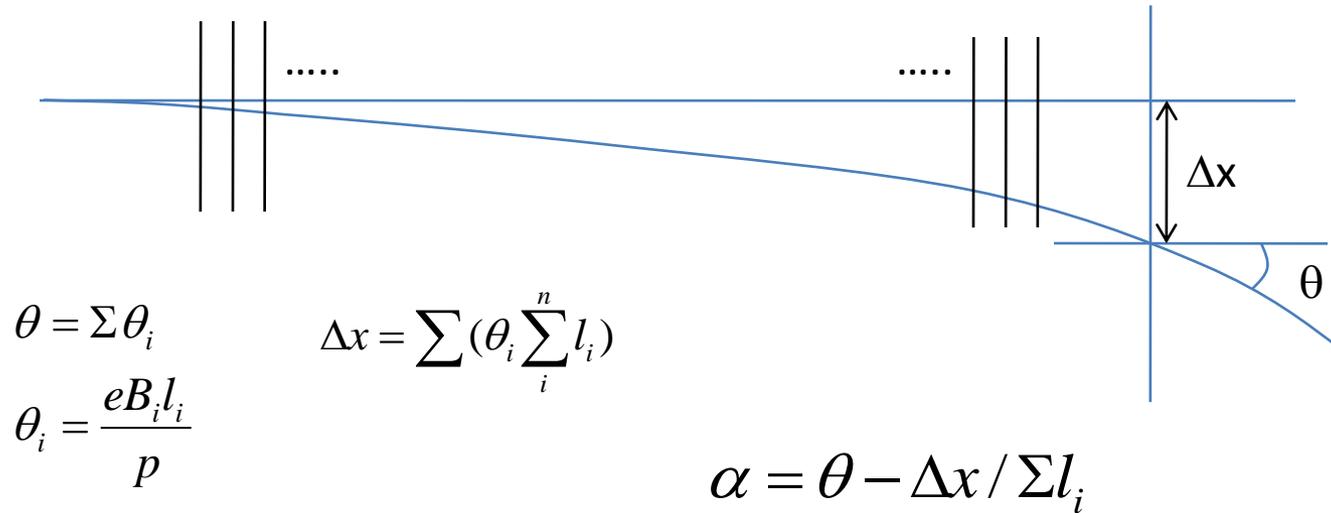


+ - field

Field map (from Sim3D+- .root)



Magnetic field integral



40GeV charged particle

++ field : $\theta=7.73$ [mrad], $\Delta x=0.0117$ [m], $l=2.2$ m $\rightarrow \alpha=2.4$ [mrad]

+ - field : $\theta=3.24$ [mrad], $\Delta x=0.00331$ [m], $l=2.2$ m $\rightarrow \alpha=1.7$ [mrad]

From DC resolution (~ 0.5 mrad), the +- field is feasible (3σ effect).

Here it assumed ultimate vertex position resolution.

How precise can we determine the position?

The beam size itself is $\sigma \sim 0.3$ mm from the vernier scan.